

## **Aplikasi Perencanaan Perkerasan *Runway* Menggunakan *Software Faarfield***

**Viktor Suryan<sup>1\*</sup>, M Rafli Fazal<sup>1</sup>, Suci Risky Nur Afriyani<sup>1</sup>, Virma Septiani<sup>1</sup>,  
Anggi Nidya Sari<sup>2</sup>, Siti Fatimah<sup>3</sup>, Linda Winiastri<sup>3</sup>**

Politeknik Penerbangan Palembang<sup>1</sup>

Politeknik Negeri Sriwijaya<sup>2</sup>

Politeknik Penerbangan Surabaya<sup>3</sup>

\*Correspondence email: viktor@poltekbangplg.ac.id

**Abstrak.** Salah satu sarana yang menjadi penunjang transportasi udara adalah bandara. Bandar udara berfungsi sebagai simpul dari pergerakan pesawat, penumpang menjadi salah satu infrastruktur penting yang dapat diharapkan mempercepat peningkatan ekonomi masyarakat. Landas pacu ialah salah satu infrastruktur penting dalam bandara. Penelitian ini bertujuan merencanakan tebal perkerasan pada Bandara Internasional Minangkabau hingga 20 tahun. Penelitian menggunakan metode FAA yaitu aplikasi FAARFIELD. Dengan tingkat pertumbuhan penumpang dan pergerakan pesawat sebesar 4-10%, dihasilkan tebal perkerasan untuk runway sebesar 141,28 cm dengan masing-masing tebal surface, base dan subbase course sebesar 15; 36,93; 89,34 cm. sedangkan untuk perkerasan taxiway pada surface course terbagi menjadi daerah kritis dan non-kritis sebesar 8 dan 5 cm.

**Kata Kunci:** Perkerasan; Landas Pacu; Landas Penghubung; Bandara; Minangkabau

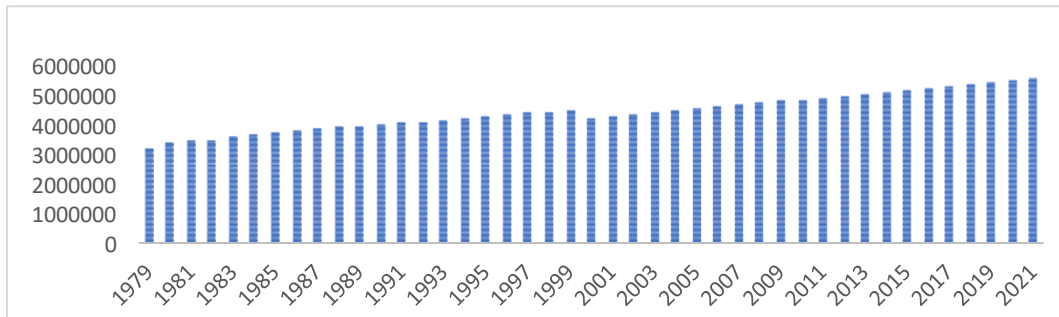
**Abstract.** One of the facilities that support air transportation is the airport. The airport functions as a node for aircraft movements, passengers are one of the important infrastructures that can be expected to accelerate the improvement of the community's economy. The runway is one of the important infrastructure in the airport. This study aims to plan the pavement thickness at Minangkabau International Airport for up to 20 years. The study used the FAA method, namely the FAARFIELD application. With a growth rate of passengers and aircraft movements of 4-10%, the resulting pavement thickness for the runway is 141.28 cm with a thickness of 15 for each surface, base and subbase course; 36.93; 89.34 cm. while for the taxiway pavement on the surface course it is divided into critical and non-critical areas of 8 and 5 cm.

**Keywords:** Pavement; Runway; Taxiway; Airport; Minangkabau.

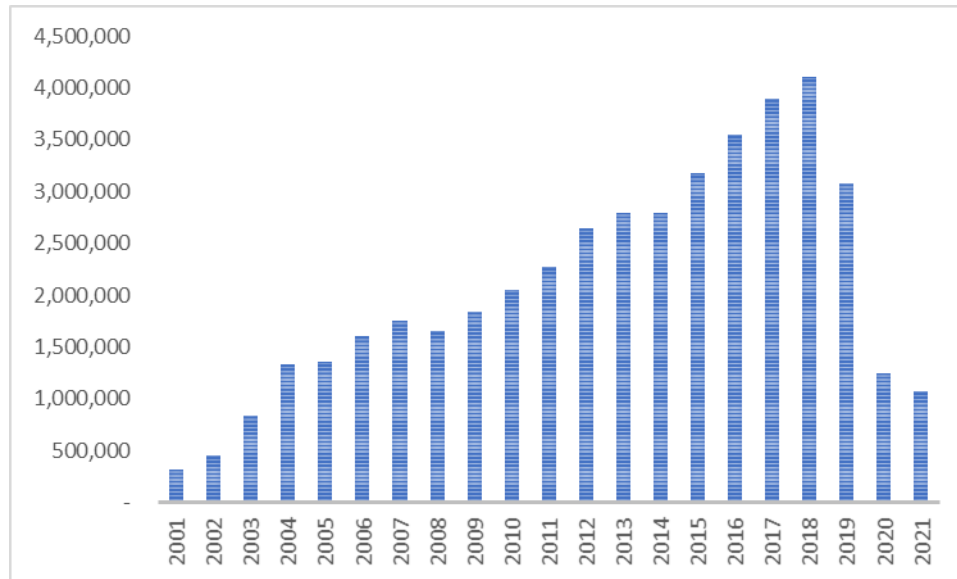
### **PENDAHULUAN**

Transportasi yang andal dan baik dibutuhkan dalam rangka menjadi indikator yang dapat memajukan suatu daerah dan memberi kelancaran pada urat nadi ekonomi di sebuah wilayah. Moda transportasi udara menjadi salah satu yang banyak digunakan. Agar dapat mendatangi wilayah-wilayah yang sulit dijangkau menggunakan transportasi laut dan darat, maka hadirlah transportasi. Sarana dan prasarana pendukung seperti bandar udara pun tidak terlepas dari transportasi udara. Di Indonesia sendiri sudah ada sebanyak 298 bandar udara, yang mana 23 diantaranya sudah dapat didarati oleh pesawat berukuran besar.

Provinsi Sumatera Barat dengan jumlah penduduk yang semakin meningkat hingga mencapai 5,6 juta orang pada tahun 2021 (BPS, 2022)(seperti terlihat pada gambar 1). Pertumbuhan penduduk ini mendorong pergerakan orang dan barang baik keluar maupun masuk ke dalam provinsi Sumatera Barat. Pada penelitian Suryan (2017) menunjukkan jumlah penduduk mempengaruhi penambahan dalam peningkatan penumpang pesawat. Peningkatan penumpang ini akan berdampak pada pergerakan pesawat di bandara. Pada tahun 2001 hingga tahun 2018 jumlah penumpang pada Bandar Udara Minang kabau dengan pertumbuhan rata-rata 10% per tahun (BPS, 2022)seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 1. Jumlah Penduduk Sumatera Barat Tahun 1979-2021



Gambar 2. Jumlah Penumpang Bandara Minangkabau Tahun 2001-2021

Pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat ini akan mempengaruhi kualitas prasarana bandar udara. Infrastruktur yang penting bagi bandara salah satunya adalah landasan bagi pesawat untuk mendarat dan lepas landas. Landasan atau *runway* menggunakan perkerasan agar tingkat layanan pada pergerakan pesawat dapat optimal. Perkerasan ini tidak hanya direncanakan untuk masa sekarang tetapi terus dievaluasi dan dikembangkan hingga jangka panjang. Pada penelitian ini untuk merencanakan perkerasan pada bandara Minangkabau serta mengevaluasi dengan kondisi sekarang.

Dalam perencanaan perkerasan dapat menggunakan beberapa metode. Dalam penelitian Utama (2006) menggunakan metode United States of American Practice untuk merencanakan tebal perkerasan pada Bandar Udara Dr. F.L Tobing, Sumatera Utara. Pada penelitian ini hanya menggunakan satu metode saja. Bethary et al. (2015) menganalisa kekuatan perkerasan sisi udara dengan metode ICAO (ACN-PCN) di bandar udara Soekarno-Hatta. Soekarno-hatta mampu menahan beban hingga sebesar 80.000 lbs dan lebih besar dibanding pesawat Airbus A-380. Selain itu nilai PCN lebih besar dari ACN. Perkerasan Bandar udara Udara Internasional Husein Sastranegara Bandung menggunakan metode ACN-PCN dan CBR dengan hasil bandar udara belum layak menampung pesawat Boeing 787-9 dreamliner karena ACN dan tebal perkerasan eksistingnya yang dihasilkan masih kurang (Pradana et al. 2020)

Malik and Ardan (2019) melakukan perhitungan di Bandara Senubung Gayo Lues Aceh berdasarkan ICAO Annex 14 dan Keputusan Menteri Perhubungan KM 47 tahun 2002. Panjang runway untuk penggunaan hingga 15 tahun yang akan datang yaitu sepanjang 3366,29 m. Tetapi, penulis belum mendeskripsikan faktor-faktor yang mempengaruhi panjang *runway*. Setiawan and Setiawan (2020) pada Bandara Internasional Yogyakarta melakukan analisis dengan metode Load Classification Number (LCN), US Corporation of Engineering (CBR), dan metode Bina Marga 2018. (Putra 2010) menggunakan metode analitik dan metode teoritik Di Bandara H. Asan Sampit. Beberapa bandara juga dianalisis menggunakan Pavement Condition Index (PCI) diantaranya:

Bandara Halim Perdanakusuma (Widiyanto, 2017); Bandara Eltari Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur (Lake, 2017).

Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) kemudian juga digunakan untuk menganalisis dan evaluasi di beberapa Bandara. Perencanaan perkerasan menggunakan metode FAA pada Bandar Udara Tunggul Wulung, Cilacap (Kurniawan 2018), Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II (Pratama, 2015), Bandar Udara Banyuwangi (Ariawan et al. 2022); Bandar Udara El Tari Kupang (Bolla et al. 2013); Bandar Udara Juanda (. I and Aziz 2021); Bandara Internasional Lombok (Octavia et al. 2021); Bandara Internasional Jawa Barat Kertajati (Gunawan and Surachman 2019) (Palino and Susilo, 2021); Bandara Silampari (Afriyani and Suryan, 2022)

FAA telah mengeluarkan perhitungan secara mekanistik menggunakan software berbasis aplikasi yaitu FAARFIELD dan COMFAA. Keduanya sering menjadi rujukan untuk kajian maupun evaluasi perkerasan di bandara. Amiwarti et al. (2020) mengevaluasi Kekuatan Perkerasan Sisi Udara di Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang Dengan Metode Perbandingan ACN-PCN dengan perhitungan manual dan Software COMFAA 3.0. Istiar dan Aziz (2021) selain menggunakan metode FAA juga menggunakan COMFAA. Untuk menganalisis kekuatan perkerasan landasan pacu bandar udara juanda. Lewa et al. (2021) Membandingkan Metode FAA dan FAARFIELD. Pada evaluasi perkerasan pada bandara Patimura serta Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai-Bali (Sudika et al. 2021). Dengan perkembangan teknologi perhitungan dan analisis maka penelitian ini menggunakan metode FAA dengan bantuan software FAARFIELD untuk menganalisis perhitungan tebal perkerasan pada Bandara Minangkabau.

## **METODE**

Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) merupakan perluasan dari metode CBR (*California Bearing Ratio*). Metode ini sudah sering digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan runway di hampir seluruh bandar udara di penjuru dunia. Oleh karena itu, untuk melakukan analisis pada perencanaan perkerasan runway ini terdapat beberapa hal yang harus ditelaah, diantaranya:

1. Nilai CBR lapisan tanah paling bawah dan lapisan pondasi bawah.
2. Berat maksimal pesawat saat lepas landas (MTOW).
3. Banyaknya penumpang yang berangkat tiap tahun .
4. Jenis roda pesawat yang lepas landas di suatu runway.

Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) merupakan pilihan yang tepat dalam pembangunan dan pengembangan fasilitas sisi udara bandara dalam jangka Panjang. Afriyani and Suryan (2022) dan Pratama (2015) menyatakan bahwa metode FAA (*Federal Aviation Administration*) bertujuan untuk mengetahui pengelompokan jenis tanah yang digunakan dalam merencanakan perkerasan runway dengan berdasarkan pada jenis pesawat yang digunakan sesuai rancangan, tingkat keberangkatan dan komposisi roda pesawat, serta merupakan perwujudan dari pengembangan metode CBR (*California Bearing Ratio*). Proses perencanaan perkerasan runway bandara yang menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dilakukan dengan proses perhitungan.

FAA telah mengeluarkan aturan mengenai perhitungan struktur jalan melingkar 150\_5320\_6D bandara. Artinya, AC disebut dengan (*Advisory Circular Graphic* dan AC (*Advisor*) 150\_5320\_6E dengan software FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*). Berdasarkan perkiraan ketebalan rencana yang dioperasikan di bandara perlu dijadikan suatu lapisan desain. Nilai konversi ditetapkan pada AC 150\_5320\_6D.U dan menggunakan utilitas FAARFIELD. Semua jenis pesawat yang beroperasi. Efek kerusakan dihitung untuk menentukan kekakuan jalan raya untuk menahan tekanan pergerakan pesawat. Dikembangkan oleh *Federal Aviation Administration* (FAA), metode ini pada dasarnya adalah metode yang diminati. adapun tahapan penelitian pada penelitian ini terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Alur penelitian

## HASIL

### Metode FAA dengan Menggunakan Software FAARFIELD Pada Sisi Udara Menentukan Jumlah Keberangkatan Pesawat

Berikut merupakan data penerbangan domestik maupun internasional pada Bandara Ineternasional Minangkabau pada tahun 2021:

**Tabel 1. Data Penerbangan Domestik dan Internasional Bandara Minangkabau**

Bulan	Penerbangan Domestik	Penerbangan Internasional
Januari	982	0
Februari	840	11
Maret	1.038	0
April	996	2
Mei	997	3
Juni	1.282	0
Juli	471	0
Agustus	418	0
September	551	0
Oktober	681	0
November	890	0
Desember	1.082	0
Total	10.228	16

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat

### Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat rencana pada Bandara Internasional Minangkabau yaitu Boeing 777-300 ER dikarenakan bandara ini melayani penerbangan jemaah Haji sejak tahun 2017 sehingga memerlukan jenis pesawat besar yang dapat mengangkut banyaknya jumlah jemaah Haji. Adapun karakteristik pesawat Boeing 777-300 ER terlihat pada table 2.

**Tabel 2. Karakteristik pesawat Boeing 777-300 ER**

Jenis Pesawat	Bentang Sayap	Panjang Pesawat	ARFL	MTOW	Kapasitas Penumpang
B 777-300 ER	64.8 m	63.7 m	3.120 m	352.441	396

Sumber: 777 - Boeing (<https://www.boeing.com/commercial/777/> )

### Menghitung Dual Gear Departure ( $R_2$ )

Pada bandara Internasional Minangkabau saat ini telah mengoperasikan jenis pesawat Airbus 320, maka untuk melakukan perhitungan *Equivalent Annual Departure* dengan mengkonversi roda pesawat campuran berupa A-320 yang berjenis *dual wheel* dengan roda pesawat rencana B 777-300 ER yang berjenis *triple dual tandem*.

$$R_2 = \text{Annual Departure} \times \text{Faktor Koreksi} = 10244 \times 0,6 = 6146,4 \quad (1)$$

### Perhitungan Wheel Load ( $W_2$ )

Untuk melakukan perhitungan ini digunakan jenis pesawat campuran yang mana beban pesawat pada saat landing dan take off beban rodanya bertumpu pada roda belakang. Sehingga perhitungan menggunakan pesawat A-320:

$$\begin{aligned}
 W_2 &= P \times MTOW \times 1/A \times 1/B \\
 &= 0,95 \times 73900 \times 1/2 \times 1/4 \\
 &= 8775,625 \text{ kg} = 19346,941 \text{ lbs}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

**Perhitungan Wheel Load (W<sub>1</sub>)**

Pada perhitungan ini menggunakan jenis pesawat rencana yaitu B 777-300 ER, dengan perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 W_1 &= P \times MTOW \times 1/A \times 1/B \\
 &= 0,95 \times 352441 \times 1/2 \times 1/6 \\
 &= 26785,516 \text{ kg} = 59051,954 \text{ lbs}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

**Perhitungan Equivalent Annual Departure (R<sub>1</sub>)**

Untuk diketahui keberangkatan tahunan, dihitung menggunakan perhitungan seperti sebagai berikut:

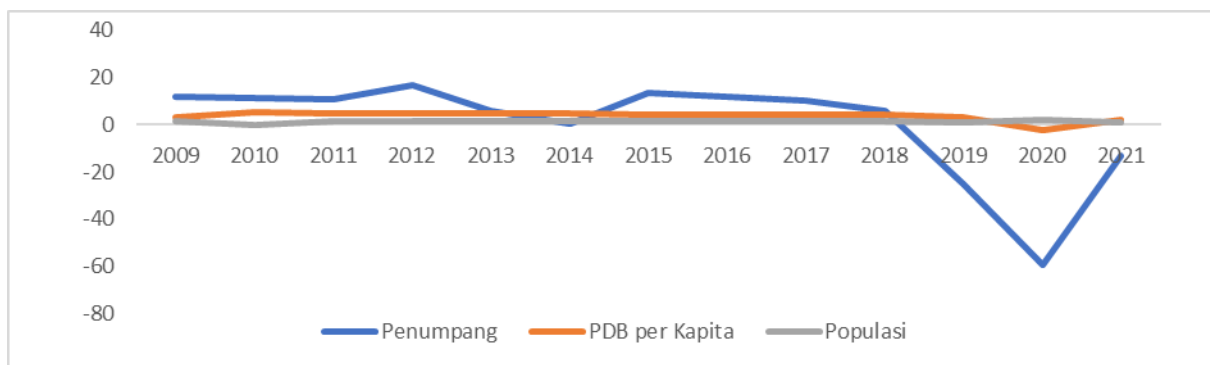
$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[ \frac{W_1}{19346,941} \right]^{1/2}
 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_1 &= \text{Log } R_2 \left[ \frac{59051,954}{19346,941} \right]^{1/2} \\
 \text{Log } R_1 &= 3,788 \times 0,572 \\
 \text{Log } R_1 &= 2,166736 \\
 \text{Log } R_1 &= (10)^{2,166736} \\
 \text{Log } R_1 &= 146,803
 \end{aligned}$$

**Pembahasan**

Pertumbuhan jumlah penumpang di Bandara Minangkabau meningkat setiap tahunnya. Pertumbuhan penumpang menurut data BPS (2022) dan Angkasa Pura mencapai hingga rata-rata 10% persen per tahunnya (dari tahun 2009-2021). Walaupun diterpa pandemi COVID-19 tahun 2019 sampai dengan tahun 2021 yang menyebabkan penurunan penumpang hingga 60%, tetapi pertumbuhan menunjukkan peningkatan di tahun 2022 (BPS, 2022).

Suryan (2017) dan Wadud (2013) menyatakan bahwa populasi dan produk domestik bruto (PDB) per kapita mempengaruhi jumlah penumpang. Pada gambar 4 terlihat di provinsi Sumatera Barat sendiri pertumbuhan populasi dan PDB terus meningkat dari 0,8-4,8 % (BPS 2022). Data pertumbuhan ini kemudian menjadi dasar dalam menentukan pertumbuhan pergerakan pesawat untuk jangka panjang hingga 20 tahun sebesar 4%.



**Gambar 4. Pertumbuhan jumlah penumpang, PDB per kapita dan Populasi**

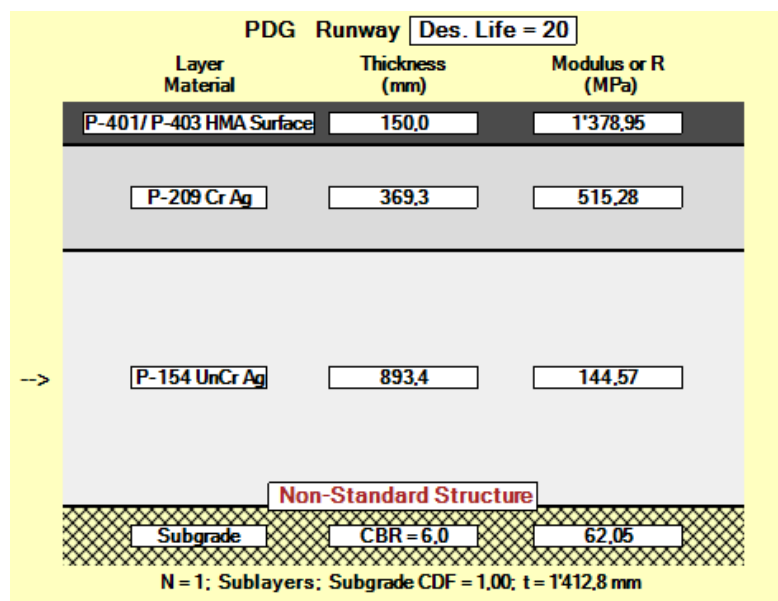
Sumber: Badan Pusat Statistik (2022)

### Analisis Metode FAA Menggunakan Software FAARFIELD

Bandara Internasional Minangkabau memiliki nilai CBR pada runway, taxiway dan apron yang sama yaitu 5% - 8%, nilai CBR ini didapat dengan melakukan analisis pada nilai PCN sisi udara sesuai dengan data AIP (*Aeronautical Information Publication*) Indonesia Vol II dengan nilai PCN 72/F/C/X/T pada runway, 82/F/C/X/T untuk taxiway dan apron sebesar 67/R/C/X/T. Analisis ini didapat sesuai dengan Advisory Circular (AC) 150/5335-5C yang dikeluarkan oleh FAA pada tahun 2016 bahwa nilai PCN memiliki 6 karakter dengan arti F = Flexible Pavement atau R = Rigid, C = Subgrade Low (4% -8%), X = Tekanan Ban Medium (1,5 Mpa/218 psi), T = penentuannya ditentukan berdasarkan perhitungan analitis dan angka dipaling depan merupakan nilai dari pengujian.

### Runway

Bandara Internasional Minangkabau memiliki dimensi runway sepanjang 2750 × 45 dengan designations runway 15 dan 33, dengan nilai CBR 6%, *annual departure* 10244 dan MTOW pesawat B 777-300 ER yaitu 352.441 kg dengan menggunakan perkerasan lentur. Hasil perhitungan tebal perkerasan runway menggunakan software FAARFIELD terlihat pada gambar 5 dan table 3.



Gambar 5. Hasil perhitungan perkerasan runway dengan software FAARFIELD

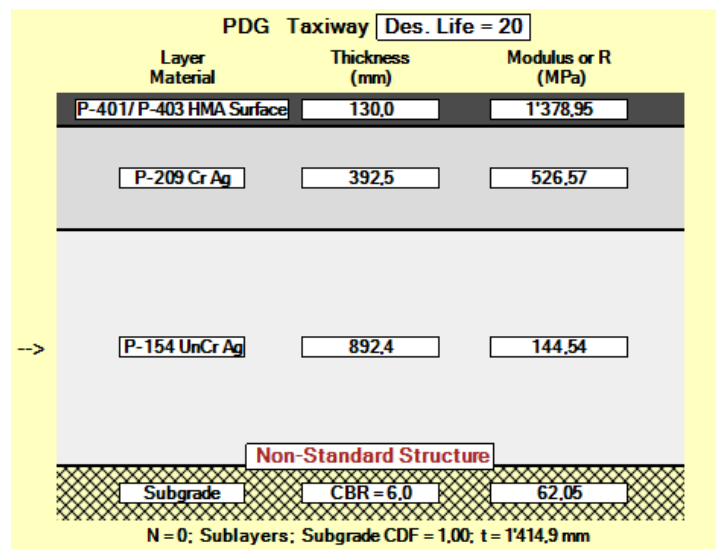
Tabel 3. Lapisan dan Material Perencanaan Perkerasan Runway

Lapisan	Material yang Digunakan	Tebal	
		mm	cm
Surface Course	Aspal Hotmix	150	15
Base Course	Asphal Concrete-Binder Course (AC-BC)	369,3	36,93
Subbase Course	Agregat Alam	893,4	89,34
<b>Jumlah</b>		<b>1412,8</b>	<b>141,28</b>

Sumber: data olahan (2022)

### Taxiway

Taxiway ini merupakan penghubung antara runway dan apron, untuk perkerasannya menggunakan perkerasan lentur dengan luas taxiway 30 m. Hasil perhitungan tebal perkerasan runway menggunakan software FAARFIELD terlihat pada gambar 6 dan table 4.



Gambar 6. Hasil perhitungan perkerasan taxiway dengan software FAARFIELD

Tabel 4. Lapisan dan Material Perencanaan Perkerasan Taxiway

Lapisan	Material yang Digunakan	Tebal mm	Tebal cm
Surface Course	Aspal Hotmix		
- Daerah Kritis		80	8
- Daerah Non-kritis		50	5
Base Course	Asphal Concrete-Binder Course (AC-BC)	392,5	39,25
Subbase Course	Agregat Alam	892,4	89,24
<b>Jumlah</b>		<b>1414,9</b>	<b>141,49</b>

Sumber: data olahan (2022)

## SIMPULAN

Perkerasan berkontribusi untuk memastikan operasi infrastruktur transportasi yang aman dan efisien; mereka harus dipantau dari waktu ke waktu, untuk mencegah tekanan parah akibat gaya vertikal dan tangensial yang ditransmisikan oleh pesawat, dan kondisi termo-higrometrik. Pada Bandara Internasional Minangkabau pertumbuhan jumlah penumpang terus meningkat, sehingga diperlukan perhitungan perencanaan perkerasan sesuai dengan jenis pesawat dan pergerakan pesawat per tahun. Berdasarkan analisis, pertumbuhan penumpang dan pergerakan pesawat mencapai 4-10%. Dalam perencanaan perkerasan ini juga nilai CBR tanah dasar sebesar 6-8%. Dengan asumsi dan analisis tersebut didapatkan hasil tebal perkerasan landas pacu sebesar 141,28 cm. Tebal Surface, base dan subbase course adalah 15; 36,93; 89,34 cm.

## DAFTAR PUSTAKA

- . I. and Aziz, S.K. 2021. Analisis Kekuatan Perkerasan Landas Pacu Bandar Udara Juanda Dengan Metode FAA dan Software COMFAA. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* 19(2), p. 159. doi: 10.12962/j2579-891X.v19i2.8684.
- Afriyani, S.R.N. and Suryan, V. 2022. Analisa Metode FAA dan ICAO-LCN pada Perencanaan Perkerasan Runway di Bandar Udara Silampari Lubuklinggau. *Jurnal Talenta Sipil* 5(1), p. 158. doi: 10.33087/talentasipil.v5i1.109.
- Amiwarti, A., Purwanto, H. and Sulaiman, A. 2020. EVALUASI KEKUATAN PERKERASAN SISI UDARA (RUNWAY, TAXIWAY DAN APPRON) BANDARA SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG DENGAN METODE PERBANDINGAN ACN-PCN. *Jurnal Deformasi* 5(1), p. 22. doi: 10.31851/deformasi.v5i1.4232.
- Ariawan, I.P., Wahyudi, I. and Jayantari, M.W. 2022. Analisis Kelayakan Panjang dan Tebal Perkerasan Runway Untuk Pesawat Jenis B737-900ER yang Beroperasi di Bandar Udara

- Banyuwangi. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi* 4(2), pp. 85–97. doi: 10.38043/telsinas.v4i2.3341.
- Bethary, R.T., Pradana, M.F. and Basidik, S. 2015. Analisa Kekuatan Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron (Studi Kasus Bandar Udara Soekarno Hatta dengan Pesawat Airbus A-380). *Journal Industrial Servicess* 1(1)
- Bolla, M.E., Cornelis, R. and Amtiran, J.Y. 2013. Kajian Perbaikan Patahan Pada Runway. *Jurnal Teknik Sipil* 2(1), pp. 1–10.
- BPS 2022. Data Penumpang Bandara Internasional Minangkabau, Data jumlah penduduk dan Produk Domestik Bruto per kapita per tahun.
- Gunawan, N. and Surachman, L. 2019. Evaluasi Tebal Perkerasan Landas Pacu pada Bandar Udara Internasional Jawa Barat Kabupaten Majalengka. *Prosiding Seminar Intelektual Muda* 1(1)
- Kurniawan, K. 2018. Studi Desain Perencanaan Perkerasan Sisi Udara Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap. *Prosiding Semnastek*
- Lake, A.G. 2017. Analisa Kondisi Runway Eltari Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Politeknik Negeri Kupang* 1(1)
- Lewa, M.S., Ariawan, P. and Budiarnaya, P. 2021. Evaluasi Perkerasan Landasan Pacu Pada Bandara Pattimura Dengan Membandingkan Metode FAA dan FAARFIELD Software. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi* 3(2), pp. 1–8. Available at: <http://journal.undiknas.ac.id/index.php/teknik/article/view/2854>.
- Malik, A. and Ardan, M. 2019. Analisa Runway Di Bandara Senubung Gayo Lues Aceh. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING, BUILDING AND TRANSPORTATION* 3(1), p. 11. doi: 10.31289/jcebt.v3i1.2461.
- Octavia, N.D., Sideman, I.S. and Suteja, I.W. 2021. Analisis Tebal Perkerasan Runway Di Bandara Internasional Lombok Akibat Perkembangan Program Kawasan Ekonomi Khusus. *Spektrum Sipil* 7(2), pp. 126–135.
- Palino, S.D. and Susilo, B.H. 2021. Analisis Tebal Perkerasan dan Biaya Dengan Software Faarfield Pada Landas Pacu BIJB Kertajati. *Jurnal Teknik Sipil* 17(1), pp. 14–29. doi: 10.28932/jts.v17i1.2382.
- Pradana, M.F., Intari, D.E. and Akbar, F.A. 2020. ANALISA PERKERASAN BANDAR UDARA MENGGUNAKAN METODE ACN-PCN DAN CBR (STUDI KASUS BANDAR UDARA INTERNASIONAL HUSEIN SASTRANEGARA BANDUNG). *Jurnal Fondasi* 9(1). doi: 10.36055/jft.v9i1.7296.
- Pratama, H.Y. 2015. Analisis Tebal dan Perpanjangan Landasan Pacu Pada Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 3(1)
- Putra, A.D. 2010. Kajian Nilai PCN Runway Berdasar Metode Analitik dan Metode Teoritik Di Bandara H. Asan Sampit. *Jurnal Rekayasa* 14(2)
- Setiawan, A. and Setiawan, D. 2020. *Analisis Perencanaan Ulang Tebal Perkerasan Runway dengan Metode LCN, Metode CBR dan Metode Bina Marga 2018 (Studi Kasus: Bandara Internasional Yogyakarta)*. Yogyakarta: Universitas Teknologi Yogyakarta.
- Sudika, I.G.M., Partama, I.G.N.E. and Ramadiansyah, A.A. 2021. PERENCANAAN PENINGKATAN DAYA DUKUNG PERKERASAN RUNWAY BANDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI-BALI. *Jurnal Teknik Gradien* 13(1). Available at: <https://www.ojs.unr.ac.id/index.php/teknikgradien/article/view/738>.
- Suryan, V. 2017a. Econometric Forecasting Models for Air Traffic Passenger of Indonesia. *Journal of the Civil Engineering Forum* 3(1), p. 303. doi: 10.22146/jcef.26594.
- Suryan, V. 2017b. ECONOMETRIC FORECASTING MODELS FOR AIR TRAFFIC PASSENGER OF INDONESIA. *Journal of the Civil Engineering Forum* 3(1), p. 303. doi: 10.22146/jcef.26594.
- Utama, D. 2006. Analisis Struktur Perkerasan Runway, Taxiway dan Apron Bandar Udara Dr. FL Tobing Menggunakan Metode United States of American Practice, Pusat Pengkajian .... *Jurnal Sains dan Teknologi*. Available at: <http://103.224.137.161/index.php/JSTI/article/view/754>.
- Wadud, Z. 2013. Simultaneous Modeling of Passenger and Cargo Demand at an Airport. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2336(1), pp. 63–74. doi: 10.3141/2336-08.